

GAUSSMETER WITH A THREE-AXIS PROBE

Tomáš Hejtmánek

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xhejtm07@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Zdeněk Roubal

E-mail: roubalz@feec.vutbr.cz

Abstract: The purpose of this article is the design of a gaussmeter with a three-axis probe for magnetic field mapping and subsequent reconstruction of the image using magnetic impedance tomography (MIT). Commercially available gaussmeters have low bandwidth for these purposes, and signals cannot be measured in synchronous detection mode. The aim of the paper is select the most suitable magnetic field sensors for the MIT purposes and to design the entire measuring device to meet the measurement requirements in the wider frequency band and synchronous detection.

Keywords: Gaussmeter, Hall probe, magnetic field mapping, synchronous detection

1 ÚVOD

Magnetická impedanční tomografie je metoda rekonstrukce obrazu vzorku vycházející z rozložení konduktivity na jeho povrchu. Aby bylo možné rekonstrukci uskutečnit, je nejdříve nutné provést mapování magnetického pole na povrchu vzorku. K tomuto účelu se využívají gaussmetry pracující na různých principech měření, a to v závislosti na přesnosti měření a velikosti měřeného magnetického pole. Mezi základní požadavky na mapování magnetického pole patří především přesnost měření a co nejmenší snímací plocha, čímž bude dosaženo vysokého prostorového rozlišení. Pro laboratorní měření se nejvíce nabízí použití gaussmetrů s Hallovy sondami. Komerční přístroje mají zpravidla velmi omezenou šířku pásma a neumožňují synchronní detekci signálu. Není možné s nimi měřit v zarušeném prostředí. To je zásadní z hlediska budoucího použití této metody pro odhalování defektů v kovových materiálech v průmyslové praxi.

Tato práce se zabývá návrhem vlastního tříosého gaussmetru, který se stane podkladem pro jeho zkonstruování. Koncept bude proveden s ohledem na co nejvyšší šířku pásma za použití synchronní detekce při střídavých měřeních.

2 ROZBOR A REALIZACE

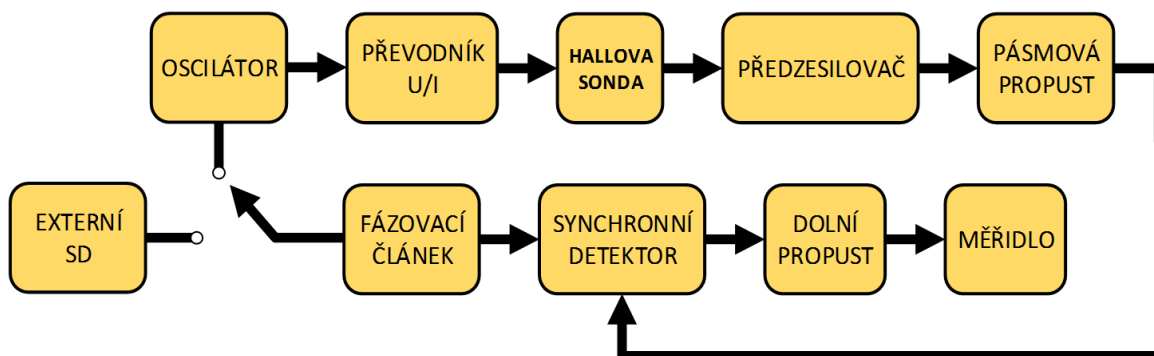
Magnetická impedanční tomografie je metoda rekonstrukce obrazu konduktivity, která využívá znalost indukce magnetického pole vně rekonstruovaného objektu, který je připojen ke zdroji stejnosměrného či střídavého elektrického proudu. Proud procházející objektem vytváří magnetické pole v jeho okolí. Ze složek indukce magnetického pole lze poté získat rozložení proudové hustoty v objektu a následně rozložení konduktivity. Metodu je možné uplatnit v mnoha průmyslových odvětvích. Významné využití bude možné nalézt i v lékařství, při rekonstrukci obrazu lidských tkání.

Pro vytvoření kvalitního obrazu konduktivity je nutné co nejlépe zmapovat magnetické pole nad měřeným vzorkem. Aby bylo dosaženo co nejvyššího prostorového rozlišení, měla by Hallova sonda mít co nejmenší snímací plochu a být umístěna co nejbližší měřenému vzorku. Tolerance mapování magnetického pole by neměla přesáhnout 1 %.

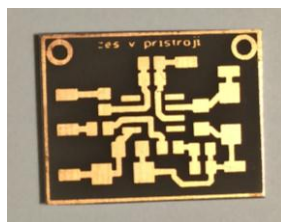
Na základě provedeného průzkumu trhu komerčně dostupných gaussmetrů bylo patrné, že vlastní návrh zařízení bude pro potřeby MIT nevhodnější. Zejména proto, že externí synchronní detekci neumožňuje žádný z dostupných gaussmetrů. Neméně zásadní je i nižší cena. Běžně se ceny gaussmetrů s tříosými sondami pohybují v řádech stovek tisíc korun.

2.1 BLOKOVÉ SCHÉMA

Na obrázku 1 je znázorněno blokové schéma zařízení. Oscilátor bude sloužit jako zdroj referenčního kmitočtu pro synchronní detektor a zároveň z něj bude za pomoci převodníku napětí-proud napájena Hallova sonda. Oscilátor je navržen jako zdroj harmonického napětí s teplotně stabilizovanou amplitudou. Teplotní stabilizace je zajištěna referenčním zdrojem napětí LT1021 od firmy Linear Technology [1]. Na oscilátor bude navázaný převodník napětí-proud s operačním zesilovačem, který zajišťuje napájení Hallové sondy. Bezprostředně za Hallovým článkem se bude nacházet přístrojový operační zesilovač s OZ OPA 211 od firmy Texas Instruments [2]. Jeho úkolem je zesílit výstupní napětí z Hallové sondy na zpracovatelnou úroveň. Diferenční část zapojení zároveň zajistí potlačení souhlasných rušení. Tato část obvodu bude umístěna až v přístrojové krabici. Navržená deska plošného spoje diferenční části předzesilovače je na obrázku 2. Pásmová propust se středním kmitočtem rovným kmitočtu oscilátoru zajistí frekvenční ořezání signálu jen na potřebnou složku pro synchronní demodulaci. Synchronní demodulátor navržen za pomoci komerčně dostupného integrovaného obvodu AD630 firmy Analog Devices [3], který umí detekovat signály skryté až 100 dB v šumu. Referenční signál potřebný pro synchronní detekci vedený přes fázovací článek, kterým bude zajištěna soufázovost referenčního i vstupního signálu. Dolní propustí poslouží pro odstranění spínacích produktů synchronního detektoru. Demodulované napětí bude přivedeno na svorky laboratorního voltmetru nebo přímo do zabudováno měřidla v přístroji. Zapojení bude umožňovat přepnutí na externí synchronní detekci, což bude střídavé napětí, kterým bude napájen měřený vzorek. Toto napětí pak poslouží k demodulaci v synchronním detektoru.



Obrázek 1: Blokové schéma gaussmetru s možností externí synchronní detekce.

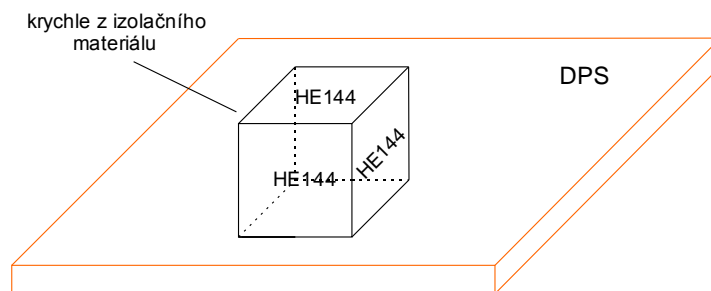


Obrázek 2: Deska plošného spoje předzesilovače.

2.2 NÁVRH A KONSTRUKCE SONDY S HALLOVÝM ČLÁNKEM

K ověření navrženého principu gaussmetru byly z nepřeberného množství vybrány a zakoupeny sondy HE 144 [4]. Pouzdro sondy má přibližné rozměry 3 x 3 mm, čímž je jasně omezena hranice prostorového rozlišení. Pro konstrukci tříosé sondy bude využito uspořádání jako na obrázku 3. Hallové sondy budou nalepeny na krychli o hraně přibližně 4 mm. Krychle bude zhotovena z dobře opracovatelného nekovového materiálu, například skla, silonu nebo jiné plastické hmoty.

V závislosti na finančních možnostech bude možné zakoupit tříosou sondu HE444, která má finální rozměry 3 x 3 x 3 mm, [5]. Odpadne tím mnoho problémů při mechanické konstrukci.



Obrázek 3: Náhled uspořádání Hallovy článků ve třech osách.

3 ZÁVĚR

V současné době jsou navrženy a vyrobeny desky pro Hallovy články a desky pro předzesilovače. U vybraného typu sondy byla provedena základní měření. Zejména velikost vstupního a výstupního odporu a závislost offsetu Hallovy sondy na teplotě. Velká pozornost byla věnována výběru vhodného nízkošumového operačního zesilovače. Jsou navržena schémata referenčního oscilátoru a synchronního detektoru a probíhá jejich výroba. Do budoucna se předpokládá také měření teploty přímo u Hallovy sondy, aby bylo možné korigovat naměřené hodnoty v závislosti na teplotě. Deska plošného spoje je nachystána na osazení čidlem PT1000, [6].

REFERENCE

- [1] *LT 1021 Precision reference: Datasheet* [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/1021fc.pdf>
- [2] *OPA211 Precision operational amplifier: Datasheet* [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa211.pdf>
- [3] *AD630 - Analog Devices: Datasheet* [online]. [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD630.pdf>
- [4] *Analog Hall Sensor HE144: Datasheet* [online]. [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <http://www.asensor.eu/productdata/Datasheet-HE144X.pdf>
- [5] *3D Analog Hall Sensor HE444: Datasheet* [online]. [cit. 2017-12-12]. Dostupné z: <http://www.asensor.eu/productdata/Datasheet-HE444X.pdf>
- [6] *PT1000: Datasheet* [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.530-110.1.pdf>